

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-206889

(43)Date of publication of application : 12.08.1997

(51)Int.Cl.

B22D 11/00
B22D 11/124
B22D 11/16
B22D 11/22

(21)Application number : 08-035693

(71)Applicant : FURUKAWA ELECTRIC CO
LTD:THE

(22)Date of filing : 31.01.1996

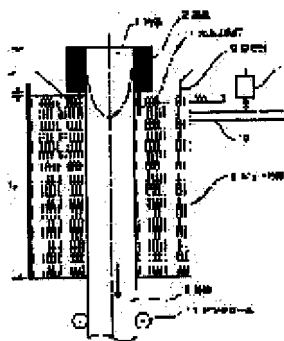
(72)Inventor : YOSHIDA KOICHI

(54) CONTINUOUS PRODUCTION OF NON-FERROUS METAL AND CONTINUOUS APPARATUS FOR PRODUCTION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To cast a defectless cast ingot by controlling the temp. of cooling water according to the temp. conductivity of the cast ingot which is a material to be cooled.

SOLUTION: The water temp. in a pit is measured by a thermometer 9 and the cooling water is poured into the pit from a pipe 10 by a temp. controller 11 until the prescribed water temp. is attained. The pit 5 is provided with a water flow cutting off plate 7 to prevent the direct collision of the water flow against the cast ingot 3. The temp. conductivity (= (thermal conductivity)/(specific heat × sp. gr.) of the metal of the cast ingot 3 is $\geq 0.12 \text{ m}^2/\text{h}$. The temp. of the cooling water is controlled according to the cast ingot 3 which is the material to be cooled. The metal is copper or copper alloy. The water temp. is controlled like equations I, II IV according to the temp. conductivity (a) of the cast ingot. As a result, the occurrence of central crack, i.e., core crack, is prevented even if the casting speed is increased.



式、 $0.0 < a < 0.12$ の場合、 $1.0 - 5.3 \times a + 4.0$ 、II (℃)

式、 $0.12 \leq a < 0.15$ の場合、 $1.0 - 5.3 \times a + 4.0$ 、II (℃)

式、 $0.12 \leq a < 0.15$ の場合、 $1.0 - 2.250 \times a + 3.75$ 、6 (℃)

III

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-206889

(43) 公開日 平成9年(1997)8月12日

(51) Int. Cl. ⁶	類別記号	片内整理番号	P 1	技術表示箇所
B 2 2 D	11/00		B 2 2 D 11/00	F
	11/124		11/124	L
	11/16	1 0 4	11/16	1 0 4 P
	11/22		11/22	B

審査請求 未請求 請求項の数 4 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-35893

(22) 出願日 平成8年(1996)1月31日

(71) 出願人 000005290

古河電気工業株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号

(72) 発明者 吉田 浩一

東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古

河電気工業株式会社内

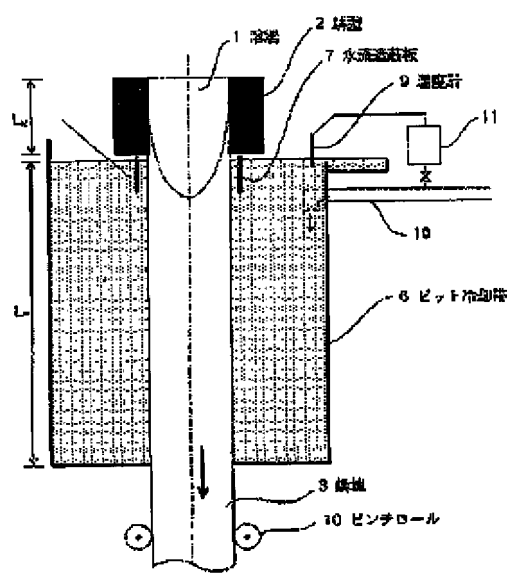
(74) 代理人 弁理士 川和 高徳

(54) 【発明の名称】 非鉄金属の連続鋳造方法及び連続鋳造装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、非鉄金属、特に銅及び銅合金を高速鋳造しても鋳塊の中心割れを発生させない鋳造方法及び連続鋳造機を目的とする。

【解決手段】 温度伝導度 (= (熱伝導率) / (比熱 × 比重)) が $0.12 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上の金属を連続鋳造し、鋳造直後の鋳塊を静置冷却水に浸漬して冷却する方法において、該冷却水の水温 (t) を被冷却材である鋳塊の温度伝導度に (a) 応じて制御することを特徴する非鉄金属の連続鋳造方法。非鉄金属としては銅及び銅合金が好ましい。



(本発明冷却方式)

特開平9-206889

(2)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 温度伝導度 $(= (\text{熱伝導率}) / (\text{比熱} \times \text{比重}))$ が $0.12 \text{ m}^2 / \text{h}$ 以上の金属を連続铸造し、铸造直後の铸塊を静置冷却水に浸漬して冷却する方法において、該冷却水の水温 (t) を被冷却材である铸塊の温度伝導度 (a) に応じて制御することを特徴する非鉄金属の連続铸造方法。

*

$0.30 < a$ の場合 : $t > -200.0 \times a + 90.0 (^\circ\text{C})$

$0.15 \leq a \leq 0.30$ の場合 : $t > -33.3 \times a + 40.0 (^\circ\text{C})$

$0.12 \leq a < 0.15$ の場合 : $t > -2250.0 \times a + 372.5 (^\circ\text{C})$

【請求項4】 下記の部材を備えたことを特徴とする非鉄金属用の連続铸造装置。

(a) 溶融した非鉄金属が注入される铸型と、(b) 前記铸型から排出された铸塊を冷却するために铸型の直ぐ下方において铸塊を廻回するように配設され、冷却水を収容したピットと、(c) 前記冷却水の温度を測定するための温度計と、ピット内に該冷却水の温度を調節するための冷却水供給管と、該温度計により測定された温度が铸造される金属の温度伝導度から定められる該冷却水の温度となるように前記冷却水供給管の水量を制御する温度制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、固相線温度が 900°C 以上の非鉄金属、特に銅及び銅合金の連続铸造（半連続铸造を含む）において、铸造速度を 10 m/h （ 166 mm/min ）以上の高速铸造を行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、非鉄金属、特に銅及び銅合金の連続铸造においては铸造速度が約 10 m/h 程度である。しかし、生産性向上を図る上で铸造速度の増速が望まれるが、铸造速度を増速すると铸塊の内部に割れが発生することはよく知られている。

【0003】 先ず従来の非鉄金属の連続铸造機の概要を図1により説明する。図1に示すように溶湯1は例えば長さ (L_m) 350mmの铸型2に注入され、徐々に下方に引き抜かれる。铸塊3は铸型2の出口で通常、ノズル4からの冷却水による冷却されるノズル冷却帯5がある。

【0004】 ノズル冷却帯5に続いて、ピット冷却帯6が設けられている。この冷却帯の長さ (L_p) は850mm程度である。そして、更にピット内に収容された冷却水によりピット冷却をうけて完全に凝固を完了する。铸塊はピット冷却帯6の下方に設けられているピンチロール10により引き抜かれる。ノズルからの冷却水は常時ピット内に流入するため、ピット内の冷却水は通常高温である。

【0005】 上記従来の連続铸造機における铸塊の割れを防止する為には、通常下記の手段が採られている。第

2

*【請求項2】 前記金属が銅又は銅合金であることを特徴する非鉄金属の連続铸造方法。

【請求項3】 前記冷却水の水温 (t) を被冷却材である铸塊の温度伝導度 (a) に応じて下記のように制御することを特徴する請求項1又は2に記載された非鉄金属の連続铸造方法。

1の手段は铸造速度を遅くする。第2の手段は铸型長を長くし、铸型内で铸塊の最終凝固部までの凝固を終了させる方法がある。第3の手段は、铸型下方でピット冷却帯等の2次冷却帯で明冷する方法がある。

【0006】 従来、銅及び銅合金においては専ら第1、2の手段が用いられているが、概ね铸造速度を遅くすることは生産性を阻害する。また、第3の手段は鉄鋼の連続铸造に於いて実用化されている。その冷却方法としては一般的に「ミスト冷却」、「スプレー冷却装置」或いは「空冷」等が実施されており、その為に铸型下方に「ミスト冷却装置」及び「スプレー冷却装置」を設置している。しかし、これらの装置を正常な状態に維持する為に、これらの冷却装置の先端ノズルのメンテナンス及び水の清浄度の管理を定常的に行っている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 第1、2の方法では内部割れを防止する為に、铸造速度の限界が生じている。第3の方法では铸造方向への冷却装置の設置が必要であり、設備構成が複雑となる。更に、これらに用いるノズルの先端は専ら細くなっており、閉塞が生じ易い現状である。その為に、ノズルの閉塞防止を目的としたメンテナンスが必要となる。

【0008】 また、第3の冷却方式では微小液滴と共に空気を铸塊表面に吹き付ける為に、铸塊表面に酸化スケールを発生させる。特に铸塊表面を外割せずに熱間加工（特に熱間押出し）を行う場合には、加工材に铸塊表面の酸化スケールを押し込む等の問題がある。

【0009】 更に、この冷却方式は極めて明冷で有ることより、内部割れが発生しない安全な状態となっても冷却不足が継続して、铸塊温度が下がらないと言った問題点が発生する。そして、この問題点を克服する為に、これらの冷却方式の更に下方に铸塊を充分冷却する為に強冷装置の設置等が必要となり設備構成が更に複雑となる。その為に、設備設計上極めて大きな設備構成を伴うが、既存設備では対応出来ない等の問題点も発生する。

【0010】

【課題を解決する手段】 上記課題を満足し、なおかつメンテナンスが不要な冷却方式が必要である。そこで、先ず連続铸造での凝固現象を再現出来る3次元のシミュレーション・ソフトを作成し、このシミュレーションを用

(3)

特開平9-206889

3

4

いてこれらの問題点を克服出来る冷却方式を検討した。
その結果以下のような発明をするに至った。

【0011】第1の発明は、温度伝導度 $(= (\text{熱伝導率}) / (\text{比熱} \times \text{比重}))$ が $0.12 \text{ m}^2 / \text{h}$ 以上の金属を連続铸造し、铸造直後の铸塊を静置冷却水に浸漬して冷却する方法において、該冷却水の水溫 (t) を該冷却材である铸塊の温度伝導度 (a) に応じて制御することを特徴する非鉄金属の連続铸造方法である。 *

$$0.30 < a \text{ の場合} : t > -200.0 \times a + 90.0 (^\circ\text{C})$$

$$0.15 \leq a \leq 0.30 \text{ の場合} : t > -33.3 \times a + 40.0 (^\circ\text{C})$$

$$0.12 \leq a < 0.15 \text{ の場合} : t > -2250.0 \times a + 372.5 (^\circ\text{C})$$

【0014】第4の発明は、下記の部材を備えたことを特徴とする非鉄金属用の連続铸造装置である。

(a) 溶融した非鉄金属が注入される铸型と、(b) 前記铸型から排出された铸塊を冷却するために铸型の直ぐ下方において铸塊を周回するように配設され、冷却水を取容したピットと、(c) 前記冷却水の水溫を測定するための温度計と、ピット内に該冷却水の水溫を調節するための冷却水補給管と、該温度計により測定された水溫が铸造される金属の温度伝導度から定められる該冷却水の水溫となるように前記冷却水補給管の水量を制御する温度制御装置。

【0015】

【発明の実施の形態】図1に示した従来の連続铸造機と異なり、本発明においては、図2に示すように铸型2の直下に、ノズル冷却部を設けずにピット冷却部6を設ける。この長さ (L_p) は例えば1500mm程度とする。そして、上記铸型直下のピット冷却部には、前記冷却水の水溫を測定するための温度計9と、ピット内の該冷却水の水溫を調節するための冷却水補給管10と、該温度計により測定された水溫が铸造される金属の温度伝導度から定められる該冷却水の水溫となるように前記冷却水補給管の水量を制御する温度制御装置11を設ける。

【0016】上記のような連続铸造機における铸塊の熱移動を定量的に評価する為に、凝固過程を計算する3次元のシミュレーション・ソフトを作成した。この計算においては、計算対象を細分化して各要素間での熱収支を評価する直接差分法を用いた。以下において計算の概要を説明する。

【0017】熱伝導による铸塊内の熱移動量 $(Q1)$

は、フーリエ則より計算できる。

$$Q1 = S \times \lambda \times \Delta T / L$$

S: 要素間接面積

λ : 熱伝導率

ΔT : 要素間温度差

L: 節点間距離

【0018】連続铸造における物質移動にともなう熱移動量 $(Q2)$ は下記の式により計算できる。 $Q2 = S \times n \times v \times \rho \times C_p \times \Delta T$

*【0012】第2の発明は、第1の発明において、前記金属が銅又は銅合金であることを特徴する非鉄金属の連続铸造方法である。

【0013】第3の発明は、上記発明において、冷却水の水溫 (t) を該冷却材である铸塊の温度伝導度 (a) に応じて下記のように制御することを特徴する非鉄金属の連続铸造方法である。

$$n: \text{要素境界での法線ベクトル}$$

v: 向上速度

C_p : 比熱

ρ : 密度

【0019】連続铸造での固相生成に伴う凝固潜熱の移動量 $(Q3)$ は下記の式により計算できる。

$$Q3 = S \times n \times v \times \rho \times H \times \Delta f_s$$

H: 凝固潜熱若しくは相変態エネルギー

Δf_s : 要素間での固相率差

【0020】铸型等の異種材質間での熱移動量 $(Q4)$ は下記の式により計算できる。

$$Q4 = S \times \Delta T / (d1 / \lambda1 + 1 / h + d2 / \lambda2)$$

d1, d2: 節点から境界までの距離

h: 異種材質間の熱抵抗

$\lambda1, \lambda2$: 材質No. 1, 2の熱伝導率

【0021】冷却水等による熱移動量 $(Q5)$ は下記の式により計算できる。

$$Q5 = S \times h_0 \times (T - T_0)$$

h_0 : 境界での熱伝達率

T: 節点温度

T_0 : 外部温度(冷却水等)

【0022】各要素内での潜熱による熱変化 $(Q6)$ は下記の式により計算できる。

$$Q6 = V \times \rho \times H \times \Delta f_s'$$

V: 要素体積

$\Delta f_s'$: 要素内での固相率の変化量

【0023】これらの基本式を用いてQ1～Q6までの熱量を総合的に計算し、連続铸造での3次元的な熱移動量の評価を時間進行法を用いて行った。この計算方法は温度伝導度が大きい銅合金の場合に特に有効な計算方法である。また、本発明における浸漬冷却については各材質にて冷却能(熱伝達率)を開数化し、シミュレーション内に取り込み、凝固・熱計算を行った。

【0024】更に、上記凝固過程の計算(凝固プロフィール、铸塊内の温度勾配等)に基づき、铸造速度と铸塊中心における内部応力を計算した。その結果、図3に示すように、铸造速度が大きくなると(特に10m/min以上)、铸塊中心において大きな内部応力が発生していることが明らかとなった。更に、2次冷却強度を小さ

(4)

特開平9-206889

5

くすると内部応力の曲線が図中右側に移動し、2次冷却強度を大きくすると該曲線が左側に移動することも明らかとなった。

【0025】上記計算を更に発展させ、温度伝導度と铸造速度と中心の割れ、即ち芯割れとの関係を明らかにした。この結果を図4及び図5に示した。図4は直径300mmの純銅を連続铸造した場合における温度伝導度と铸造速度と関係を示すが、温度伝導度が、 $0.12 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上の場合においては、铸造速度を従来の铸造速度 10 m/h 以上としても铸塊内には芯割れが発生していないことが判明した。

【0026】また、図5には上記と同じ条件で、铸造速度 15 m/h において铸塊の温度伝導度とビット冷却水*

$$0.30 < a \text{ の場合} \quad : t > -200.0 \times a + 90.0 (^\circ\text{C})$$

$$0.15 \leq a \leq 0.30 \text{ の場合} : t > -33.3 \times a + 40.0 (^\circ\text{C})$$

$$0.12 \leq a < 0.15 \text{ の場合} : t > -2250.0 \times a + 372.5 (^\circ\text{C})$$

【0029】一般に、铸塊の中心部の凝固が終了すると凝固潜熱の放出が中止されることより高温状態が維持されなくなり、静置冷却水での冷却能が急激に増加し、铸塊を急激に却する。そこで、温度伝導度が $0.12 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上の金属、例えば銅合金を従来よりも高速铸造するためには、ビット冷却水の温度を上げて冷却能を制限することが必要である。

【0030】なお、本静置冷却水中に最終凝固部が存在するように、铸型冷却能(冷却水量の減少)並びに铸造速度の変更(増速)を行う。この結果、ビット冷却水内に浸漬させるだけで冷却水自身が持っている冷却特性により、自動的に冷却の制御がなされ、铸塊中心部での割れが完全に回避される。

【0031】また、図2に示すような連続铸造機におい
ては、ビット内冷却水により、铸塊表面を空気から完全※

表1 本発明の対象合金

対象合金	温度伝導度	冷却水温
0Pb/0Pb/0.3%Ag-Cu/ 0.15%Sn-Cu/0.12%Fe-Cu/1%Cr-Cu	$0.30 < a$	$t > -200.0 \times a + 90.0 (^\circ\text{C})$
1%Fe-Cu/0.15%Zr-Cu/5~20%Sn-Cu	$0.15 \leq a \leq 0.30$	$t > -33.3 \times a + 40.0 (^\circ\text{C})$
2%Sn-0.1%Cr-Cu/30~40%Cu	$0.12 < a < 0.15$	$t > -2250.0 \times a + 372.5 (^\circ\text{C})$

【0034】上記連続铸造機においては、ビット内水温を温度計9により測定し、所定の水温になるように温度制御装置11により铸型の冷却排水もしくは、外部からそのビットに冷却水を冷却水供給管10から注入するものである。なお、そのビットには铸塊に直接水流が衝突しないように例えば水流遮断板7を設けることにより好ましい。なお、铸塊は、铸型を出ると直ちに冷却水に浸漬されるので铸塊表面の酸化スケールの発生を防止出来

6

*温度との関係を示した。この図から铸造速度一定の条件下において铸塊の芯割れを発生させないためには、温度伝導度に応じて冷却水の水温を所定の温度以上とすることが必要であることが判明した。

【0027】このことは、铸塊の温度伝導度に応じて冷却水の水温を常温(20°C 以下)以上の所定の温度以上とすることによって铸造速度を従来の铸造速度(10 m/h 以下)よりも高めることが可能であることを意味する。

【0028】図5から、冷却水の水温(t)を被冷却材である铸塊の温度伝導度(a)に応じて下記のように制御することが望ましいことが明らかである。

※に遮断することが出来る為、铸塊表面の酸化膜の発生をも併せて防ぐことが出来る。また、このような連続铸造機においては、設備構成上なんらメンテナンスするものはないものである為、保守点検業務が無くなることによる経費の低減も図られる。

【0032】以上述べたとおり、温度伝導度が $0.12 \text{ m}^2/\text{h}$ 以上の非鉄金属、特に銅及び銅合金を図2に示すような連続铸造機により铸塊を製造する際に、铸型直下に冷却水ビットを設けて、そのビット内の冷却水の中に铸造直後の铸塊を浸漬させる方法が有効であることが判明した。上記のような冷却方法を適用できる非鉄金属の例と、それぞれの金属に対する望ましい冷却温度を表1に示す。

【0033】

【表1】

る。

【0035】

【実施例】銅及び銅合金の300φmmビレットを図2に示す連続铸造機において铸造実験を実施した。铸型からの冷却水排水が铸塊に直接接触しない構造とした。ビット内の冷却水は铸型直下まで水位を上げて铸造を実施した。なお、ビット内には、ビット水温が上昇しないように制御する為の給排水配管10を設けて、ビット冷却

(5)

特開平9-206889

7

8

水温度を温度制御装置11により制御を行った。

*の発生をよく再現しており、計算に基づく冷却条件下に於いては芯割れを防止出来ることが確認された。

【0036】 铸造速度を種々変更して鑄塊内部での芯割れの発生状況と計算によるシミュレーションでの結果の

【0037】

比較を行い、結果を表2に示す。計算結果は「芯割れ」*

【表2】

表2 連続鑄造実験結果

材質（温度伝導度）	铸造速度	水温	実験結果	シミュレーション結果
33Ni-0.68Si-Cu (0.99)	10m/h	45℃	不良	効果なし
	15	45℃	不良	効果なし
	15	80℃	不良	効果なし
	20	45℃	不良	効果なし
2%Si-0.1%Cr-Cu (0.15)	10m/h	45℃	良好	効果有り
	15	30℃	不良	効果なし
	15	45℃	良好	効果有り
	20	45℃	良好	効果有り
1%Fe-0.5%Zn- 0.5%Sn-0.91SP-CU (0.83)	10m/h	45℃	良好	効果有り
	15	25℃	不良	効果なし
	15	45℃	良好	効果有り
	20	45℃	良好	効果有り
1%Cr-Cu (0.34)	10m/h	45℃	良好	効果有り
	15	20℃	不良	効果なし
	15	30℃	良好	効果有り
	15	45℃	良好	効果有り
	20	45℃	良好	効果有り

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明の方法及び連続鑄造機により、非鉄金属、特に銅及び銅合金を連続鑄造すると、従来よりも鑄造速度を上げても中心割れ、即ち芯割れを発生させることなく健全な鑄塊を鑄造できることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の非鉄合金の連続鑄造機の概要を示す図である。

【図2】本発明に係る連続鑄造機の概要を示す図である。

【図3】銅の連続鑄造における鑄造速度と内部応力との関係を示す図である。

【図4】銅の連続鑄造における温度伝導度と鑄造速度と

の関係を示す図である。

【図5】銅の連続鑄造における温度伝導度と冷却水温度と芯割れとの関係を示す図である。

【符号の説明】

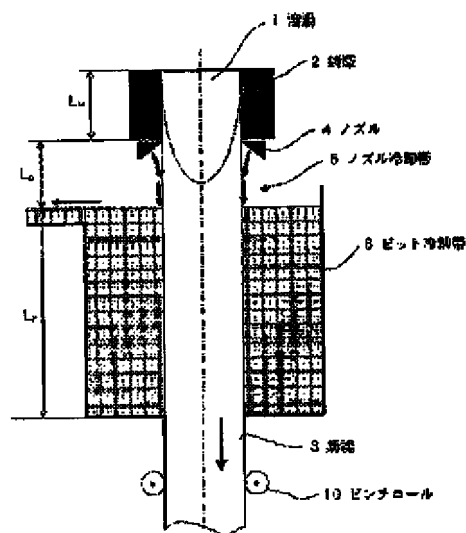
- 1 浴湯
- 2 鑄型
- 3 鑄塊
- 4 ノズル
- 6 ビット冷却器
- 7 水流遮蔽板
- 9 温度計
- 10 冷却水補給管
- 11 温度制御装置

40

(6)

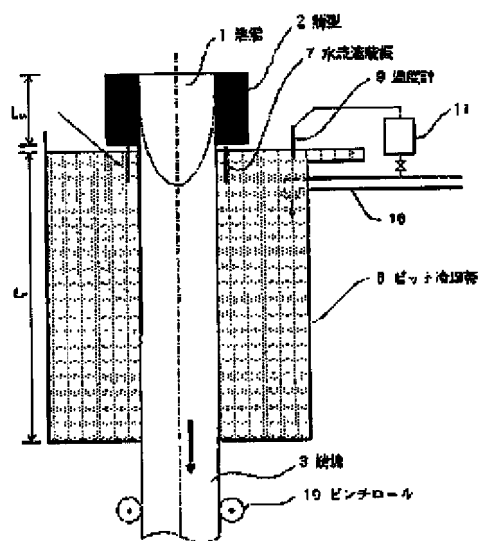
特開平9-206889

【図1】



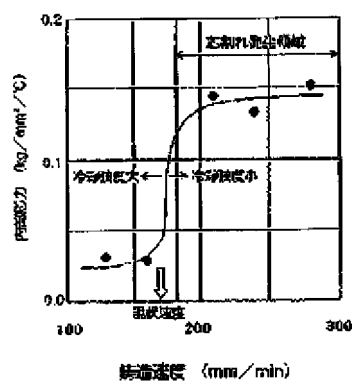
(従来冷却方式)

【図2】

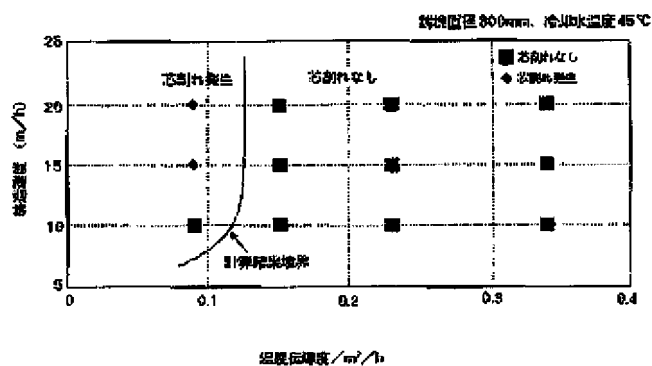


(本発明冷却方式)

【図3】



【図4】



(7)

特開平9-206889

【図5】

